心理学报 2020, Vol. 52, No. 6, 669−681
Acta Psychologica Sinica DOI: 10.3724/SP.J.1041.2020.00669

基于客体的一致性效应的产生机制*

宋晓蕾 王 丹 张欣欣 贾筱倩
(陕西师范大学心理学院; 陕西省行为与认知神经科学重点实验室, 西安 710062)

摘 要 采用具有不同深度信息的剪影和图片刺激为材料, 要求被试完成形状判断任务, 探究基于客体的一致性效应的产生机制。实验 1 中客体刺激呈现于屏幕中央位置; 实验 2 进一步增强了刺激空间呈现的左右位置倾向; 实验 3 则通过交叉手的范式分离了反应位置和反应手不同的编码对一致性效应的作用。结果发现: 当刺激不存在显著的左右位置信息时, 剪影刺激出现了一致性效应, 图片则没有; 而当刺激的空间位置信息显著时, 剪影和图片均出现了一致性效应, 这一效应在反应位置和反应手编码分离后仍然存在。因此得出结论: 空间位置编码假说对解释基于客体的一致性效应的产生有重要作用。

关键词 基于客体的一致性效应; 功能可见性; 抓握; 空间位置编码假说; 交叉手反应
分类号 B842

1 引言

空间一致性效应(Spatial Correspondence Effect, SCE)是描述刺激与反应在空间上的一致性关系对个体信息加工影响的概念。当刺激的空间位置与动作反应的空间位置信息一致时, 无论空间位置信息是相关还是无关维度, 该信息都会自动激活与其同侧的反应, 简化个体的信息加工过程, 使其反应速度更快、错误率更低(Song, Chen, & Proctor, 2014)。在日常生活中, 无论是产品设计, 还是各种操作界面的设计, 空间一致性原则都是一条非常重要的原则和需要考虑的因素。例如, 在产品设计中考虑空间一致性, 可以让用户有更好的体验和感受; 而驾驶员的操控面板在基于空间一致性效应进行改良设计之后, 可以减少驾驶员的失误, 从而减少交通事故的发生(马璇, 2013; 范瑞杰, 李倩, 赵健, 2015)。因此, 在工程心理学的研究中, 空间一致性效应一直被广泛关注。基于客体的一致性效应(Object-based Correspondence Effect)是空间一致性效应的一种, 指的是刺激手柄与反应位置或反应手之间的一致性效应, 即当刺激手柄与反应位置或反应手一致时比不一致时反应更快, 正确率更高(Tucker & Ellis, 1998)。研究基于客体的一致性效应究竟如何产生, 在丰富该效应理论基础的同时, 有利于进一步在产品设计等方面对其应用, 从而提高人们的操作绩效和体验感受。

关于此效应的产生机制, 主要有两种不同的解释。一是功能可见性假说(Functional Affordance Hypothesis)。根据 Gibson (1979)的功能可见性理论(Theory of Affordance), 对目标刺激的表征包括刺激的动作相关属性的作用, 即对功能可见性(affordance) (Ellis & Tucker, 2000; Tucker & Ellis, 2004)的表征。研究证明, 当看到刺激的时候, 不仅会感知到视觉特征, 还会感知到与刺激有关的动作(Gibson, 1977, 1979, 1986)。因此一些研究者认为, 当被试看到目标刺激时, 也会激活与之相关的身体动作(Ellis & Tucker, 2000; Tucker & Ellis, 1998)。功能可见性发挥作用需要 3 个条件: 一是要求被试双手反应, 因为只有双手反应时, 才能激活被试用对应手抓握客体手柄的倾向; 而单手反应条件下没有

收稿日期: 2019-09-11
* 国家自然科学基金面上项目(31671147), 载人航天工程航天医学实验领域项目(HYZHXM3001), 中央高校基本科研业务费重点项目(GK202002010), 中央高校基本科研业务费一般项目(19SZYB06)。
通信作者: 宋晓蕾, E-mail: songxiaolei@snnu.edu.cn

左右反应手的信息，并不能激活手柄的功能可见性(Tucker & Ellis, 1998)。二是要求实验任务为语义相关任务，比如方向判断任务或类别判断任务等。像颜色判断这类对刺激的表面特征进行加工的任务并不能激活功能可见性表征(Pappas, 2014; Saccone, Churches, & Nicholls, 2016)；三是要求刺激为可抓握的客体图片，包含内部细节和环境深度信息(Pappas, 2014)。这是由于图片刺激能激活抓握客体手柄的倾向，而只有一个大致轮廓的剪影则不能。

目前引用最多且争论最多的关于功能可见性的行为研究来自 Tucker 和 Ellis (1998)。他们认为，被试在对可抓握客体图片进行方向判断时，会自动激活最适合执行抓握的手的动作反应，因此反应优势来自于和功能可见性相关的动作编码。Tucker 和 Ellis (2004)后续继续研究了目标刺激如何引发行为。其实验 1 结果表明，可抓握客体消失后再进行反应仍然会产生基于客体的一致性效应；而实验 2 发现，即使刺激退化(降低刺激对比度和用网格遮挡刺激)，基于客体的一致性效应仍然会出现。这些结果说明，不管被试进行任务时目标刺激是否可见，都会产生与刺激手柄的动作有关的一致性效应。Tipper, Paul 和 Hayes (2006)用门把手图片作为刺激材料，要求被试在门把手为下压活动状态和水平非活动状态时判断门把手的颜色或形状。结果发现，被试对门把手的手柄进行形状判断时，存在手柄和反应位置之间的一致性效应，并且门把手为活动状态(35 ms)比非活动状态(14 ms)时的效应更大。但在颜色判断任务中并不存在该效应。Tipper 等(2006)认为，形状判断任务是一种与语义有关的深加工任务，且门把手为活动状态时更容易激发被试的抓握倾向，因而该效应的产生是由于功能可见性。而颜色判断任务只需对刺激表面特征进行加工，则并不能激活手柄的功能可见性。

然而，有一些证据表明，基于客体的一致性效应之所以出现，是由于对刺激的空间位置编码而不是手柄的功能可见性编码的结果(Cho & Proctor, 2010, 2011, 2013; Lien, Gray, Jardin, & Proctor, 2014)。空间位置编码假说(Spatial Coding Hypothesis)最先用来解释刺激−反应相容性效应，该效应指的是当刺激位置和反应位置一致比不一致时反应更快正确率更高的现象(Fitts & Seeger, 1953)。Simon 效应是刺激−反应相容性效应的一种变式，指的是即使刺激的空间位置与反应无关，也会出现该效应。基于客体的一致性效应被认为是一种 Simon 式效应(Proctor, Lien, & Thompson, 2017)。关于该效应的研究一般用可抓握客体(如煎锅、茶壶、手电筒等)的图片或剪影作为刺激材料，图片是真实看到的客体，包括外部轮廓、内部细节和环境深度信息等；剪影只有客体大概的一个轮廓，没有细节和环境深度信息(Pappas, 2014)。Pappas (2014)的研究中，用煎锅刺激的剪影和图片进行实验，刺激呈现方式与以往研究不同，刺激基于像素数量中央呈现，即目标刺激的像素均匀分布在屏幕两侧。结果发现对于客体剪影产生的一致性效应，空间位置编码发挥主要作用；而当刺激是真正的客体图片时，功能可见性特征有重要作用。但因 Pappas (2014)的研究中刺激呈现方式是基于像素数量的中央呈现，而事实上这种呈现并不是真正的中央呈现，仍然存在左右空间编码，因此不能排除空间位置编码假说。Proctor 等(2017)在该研究的基础上对刺激呈现方式进行了改善，使刺激图像整体呈现于屏幕中央，而不是基于像素呈现，也得出了空间位置编码作用更大的结论。

Song 等(2014)以手电筒图片作为刺激材料，探究被试在进行方向判断时是基于手柄抓握功能的可见性还是空间位置的编码进行表征的。实验 1 中手电筒刺激有手柄和条纹(空间位置信息)，在实验结束后对被试进行问卷调查发现，69%的被试是基于电筒条纹即空间位置信息进行方向判断的。实验 2 中，移除手电筒具有抓握功能的手柄，若该效应消失，则支持功能可见性假说。结果发现，一致性效应仍然显著，从而强调了空间位置编码的作用。此外，在 Cho 和 Proctor (2010)的研究中，用煎锅剪影作为刺激材料，手柄在煎锅底部的左侧或右侧。实验 1 中，被试判断煎锅刺激(煎锅底部呈现在屏幕中央)或者圆圈刺激(呈现在注视点的左侧或右侧)的颜色，两个反应键相邻，用两个手的食指(双手)或者右手的食指和中指(单手)进行反应。因为圆圈刺激呈现在屏幕左侧或右侧，所以产生了标准 Simon 效应，煎锅产生了与手柄位置有关的基于客体的一致性效应。结果还发现，不管是圆圈还是煎锅刺激，单手反应的效应都显著大于双手反应。实验 2 对完整的煎锅、去掉手柄的煎锅和虚化的手柄进行正立倒立方向判断，发现单手反应和双手反应都出现了一致性效应且效应大小无显著区别。这些结果说明，基于客体的一致性效应的出现是由于对手柄位置的空间编码的结果。

此外，Cho 和 Proctor (2010, 2011)、Vainio, Ellis,

Tucker 和 Symes (2007)以及 Proctor 等(2017)的研究都发现，不仅双手反应会出现基于客体的一致性效应，单手反应也会出现该效应。但是，若将基于客体一致性效应的产生归因于手柄的功能可见性，则不仅要说明双手反应存在该效应，如 Tucker 和 Ellis (1998)的实验 1，而且还需证明单手反应时该效应不存在(或者显著小于双手反应时)，如 Tucker 和 Ellis (1998)的实验 2 结果(Phillips & Ward, 2002)。这是由于功能可见性涉及抓握，只有双手反应才能发挥作用，单手反应只有一只手无法发挥作用(Tucker & Ellis, 1998)，因此单手反应出现的一致性效应无法用功能可见性来解释。此外，脚反应(Phillips & Ward, 2002; Symes, Ellis, & Tucker, 2005)也出现了基于客体的一致性效应，这些发现与 Simon 效应的结果一致(Rubichi, Nicoletti, Pelosi, & Umiltà, 2004)，都支持空间位置编码的解释。

对剪影刺激来说，空间位置编码对产生基于客体的一致性效应有重要作用已经得到了很多研究者的支持(Cho & Proctor, 2010, 2011; Pappas, 2014)；但对真实的刺激图片而言，这一点尚未得到一致结论。有研究认为空间位置编码对产生该效应不可或缺(Cho & Proctor, 2013)，也有研究认为功能可见性对产生该效应也有非常重要的作用(Tipper et al., 2006)，还有研究认为空间位置编码和功能可见性对基于客体一致性效应的产生都有作用(Ambrosecchia, Marino, Gawryszewski, & Riggio, 2015; Pellicano, Iani, Borghi, Rubichi, & Nicoletti, 2010)。Saccone 等(2016)等通过上下反应装置分离反应位置和反应手，使得水平维度上不存在刺激位置和反应位置之间的关系，结果发现水平方向上仍然存在基于客体的一致性效应，该研究者认为这只能是由于刺激手柄朝向和反应手之间的关系，即手柄功能可见性的作用。但有研究发现左右手反应存在微弱的水平方向上的左右空间编码(Proctor, Vu, & Nicoletti, 2003)，因此该研究得出的水平方向上的一致性效应的产生也可能是由于空间位置编码的结果，因此有必要通过不同的刺激呈现方式和不同的反应方式(比如交叉手反应)对上述问题进一步开展研究。已有研究发现，在交叉手的条件下会产生手柄位置与反应位置的一致性效应(Phillips & Ward, 2002)，但该研究并未比较交叉手与非交叉手效应量大小的差异，因此无法说明功能可见性与空间位置编码哪个作用更大。本研究将通过联合分析来比较二者作用大小的差异。

基于此，本研究拟采用剪影和图片刺激，通过不同空间位置的刺激呈现方式以及分离出反应手和反应位置的交叉手范式来进一步澄清基于客体的一致性效应的产生机制。本研究实验材料为在 Pappas (2014)材料基础上改善后的平底煎锅的剪影和图片。由于西式餐食使用平底煎锅更多，且前人实验均使用国外被试，因而该实验材料对于国内被试是否能得出相同结果尚不可知。因此，本研究首先考察了该实验材料在国内被试上的有效性。另外，Pappas (2014)的研究中单手和双手反应距离分别 1.5 cm 和 35.5 cm，发现对于图片刺激只有双手才存在效应，以此支持功能可见性假说。但该研究还存在反应距离对效应的影响问题。Proctor 等(2017)的研究在此基础上平衡了反应手与反应距离，结果发现单双手均存在效应，支持空间位置编码。然而在该研究中，为了使远距离可以被单手操作，使用的是“H”键与“L”键，相距仅为 5.6 cm，与 Pappas (2014)的 35.5 cm 相差较大，距离变量实际上并未彻底被排除。因此本研究中，为了更接近 Pappas (2014)的研究设置，反应键选用距离较远的“A”和“L”键，进一步澄清空间位置编码在基于客体的一致性效应的产生中的作用。

实验 1 煎锅刺激整体位置呈现在屏幕中央，探究剪影和图片刺激在没有左右位置信息的情况下是否会出现基于客体的一致性效应。Azaad, Laham 和 Shields (2019)对过去关于客体一致性效应的研究进行了分析，发现当客体底部位于屏幕中央时效应更大，因此本研究的实验 2 煎锅底部位于屏幕中央，这使得手柄的空间位置更加显著(Cho & Proctor, 2010)，探究剪影和图片刺激存在左右空间位置信息时产生的效应大小有无显著区别以及与实验 1 效应大小的不同。在实验 2 效应的基础上，实验 3 使用与实验 2 相同的材料，但双手交叉放置，使得反应位置和反应手分离，进一步探究功能可见性和空间位置编码假说对基于客体的一致性效应的作用。本研究的意义在于通过不同刺激呈现方式和交叉手的范式澄清基于客体的一致性效应的产生机制，丰富有关空间一致性效应的研究，并为产品设计中基于客体的一致性效应的应用提供基础研究支持。

2　实验 1：刺激中央呈现时基于客体的一致性效应

实验 1 与 Pappas (2014)的实验 4 基本相同，唯一差别是煎锅刺激呈现方式不是基于像素数量中

央呈现，而是基于图像位置，即煎锅图像整体位置呈现在屏幕中央。主要目的是探究当煎锅刺激整体位置呈现在屏幕中央时，图片刺激是否会在缺乏显著空间编码的情况下出现基于客体的一致性效应。

2.1 方法

2.1.1 被试

有偿招募大学生被试 58 名，其中女生 54 名，年龄在 17 岁到 21 岁之间，平均年龄为 18.60 岁。由于被试来自师范院校，较难达到男女平衡，因此本研究大多为女性被试。实验开始前采用《爱丁堡利手问卷》测试用手习惯(Oldfield, 1971)，所有被试均为右利手。身体健康，视力或矫正视力正常，且以前从未参加过类似实验。

2.1.2 仪器与刺激

实验在一个灯光昏暗并配有计算机的独立房间进行。用 E-prime 2.0 软件呈现刺激、记录反应并完成所有数据收集。被试正面坐在 17 英寸显示器前，显示器分辨率为 1366×768，距离屏幕大约 55 cm。被试用双手食指进行左右按键(“A”和“L”)反应，“A”和“L”键间隔大约 15 cm。刺激材料包括煎锅的 4 张剪影和 4 张图片，均用 photoshop CS6 处理得到。煎锅正立或倒立呈现，手柄与垂直方向夹角呈 60°，手柄有朝左和朝右两个方向。对于剪影，煎锅刺激是灰色(RGB 均为 170)，背景是黑色(RGB 均为 0)。对于图片，煎锅是黑色(RGB 分别为 88、89、91)，背景是灰色(RGB 均为 128)。有 8 种不同类型的刺激：2(手柄朝向：左 vs 右) × 2(竖直方向：正立 vs 倒立) × 2(刺激类型：剪影 vs 图片)，刺激如图 1 所示。

2.1.3 实验程序

被试进入实验室后，先填写《爱丁堡利手问卷》，然后开始做实验。正式实验包括两个 block，每个 block 有 176 个试次，每个被试共完成 352 个试次，正式实验之前有 16 个练习试次。为了确保正式实验的正确率，设置练习试次正确率达到 90%以上方可进入正式实验，否则继续练习。要求被试对煎锅的正立倒立方向进行反应，一半被试刺激为正立方向时按“A”键，倒立按“L”键，另一半被试相反。被试被随机分配到剪影组或图片组。先呈现注视点 1000 ms，然后呈现刺激，被试做出反应，刺激消失，之后呈现 500 ms 的空屏，接着进入下一试次。要求被试又快又准确地进行反应。具体流程见图 2。

2.2 结果

计算每个被试正确反应的反应时以及错误率，剔除反应时小于 100 ms 以及大于 2000 ms 的试次，剔除率为 1.08%。对反应时和错误率分别进行 2(一致性：一致、不一致) × 2(刺激类型：剪影、图片)的重复测量方差分析。反应时和错误率的描述性统计结果如表 1 和表 2 所示。

对于反应时，一致性的主效应显著，$F(1, 56) = 9.49$, $p = 0.003$, $\eta_p^2 = 0.15$，手柄位置和反应位置一致(M = 530 ms)时的反应时显著小于不一致(M = 540 ms)时。刺激类型的主效应也显著，$F(1, 56) = 23.21$, $p < 0.001$, $\eta_p^2 = 0.29$，剪影刺激的反应时(M = 600 ms)显著大于图片刺激(M = 475 ms)。二者交互作用也显著，$F(1, 56) = 7.26$, $p = 0.009$, $\eta_p^2 = 0.12$。进一步简单效应分析发现，剪影刺激存在 20 ms 的一致性效应(M = 590 vs. 610 ms), $F(1, 27) = 10.97$, $p = 0.003$, $\eta_p^2 = 0.29$；图片组的一致性效应为 1 ms (M = 474 vs. 475 ms), $F(1, 29) < 1$。实验 1 两组刺激反应时的一致性效应显著性见图 3。

对于错误率，一致性的主效应显著，$F(1, 56)$ =

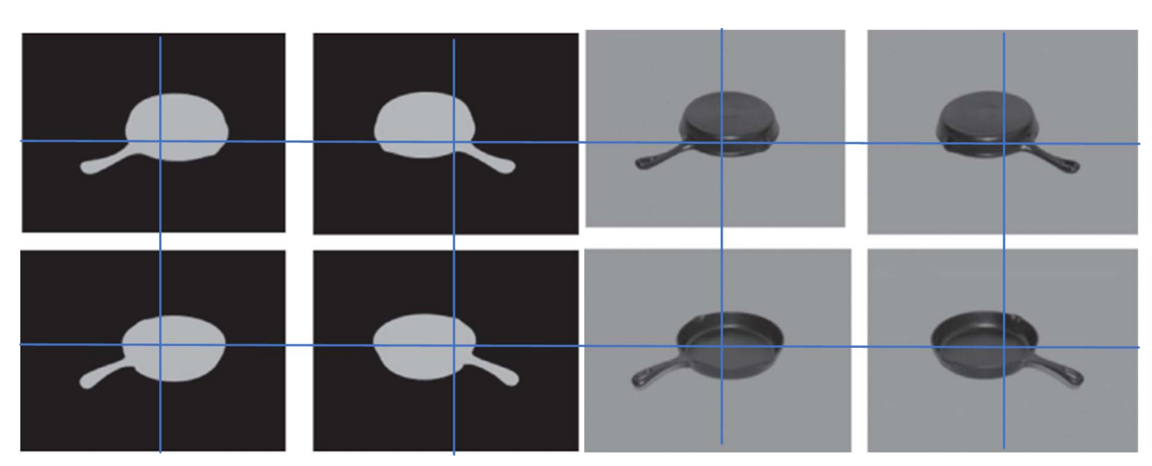


图 1 实验 1 刺激
注：图中线条是方便观察刺激位置，正式实验中并不存在，下同

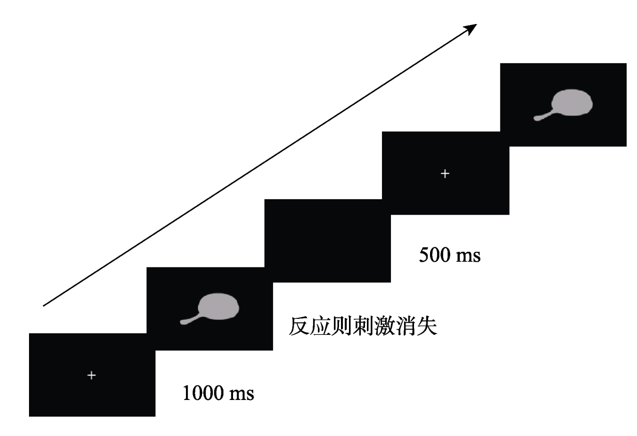


图 2　实验流程图

表 1　三个实验反应时(ms)的描述性统计分析($M \pm SD$)

实验	刺激类型	一致	不一致	效应量
1	剪影(n = 28)	590 ± 96	610 ± 103	20 ± 33**
	图片(n = 30)	474 ± 100	475 ± 102	1 ± 21
2	剪影(n = 28)	568 ± 95	605 ± 107	37 ± 23***
	图片(n = 28)	485 ± 81	516 ± 101	30 ± 32***
3	剪影(n = 28)	643 ± 112	657 ± 116	14 ± 29*
	图片(n = 28)	516 ± 57	526 ± 62	10 ± 19*

注：+p < 0.10, *p < 0.05, **p < 0.01, ***p < 0.001，下同

表 2　三个实验错误率(%)的描述性统计分析($M \pm SD$)

实验	刺激类型	一致	不一致	效应量
1	剪影(n=28)	3.49 ± 3.98	5.84 ± 6.13	2.35 ± 4.42**
	图片(n=30)	2.46 ± 2.87	2.25 ± 1.98	−0.21 ± 2.07
2	剪影(n=28)	2.98 ± 2.76	5.80 ± 4.88	2.82 ± 4.40**
	图片(n=28)	1.93 ± 1.53	5.19 ± 3.82	3.27 ± 3.12**
3	剪影(n=28)	2.86 ± 2.31	3.92 ± 2.46	1.06 ± 2.28*
	图片(n=28)	2.19 ± 2.24	2.90 ± 2.24	0.71 ± 2.03*

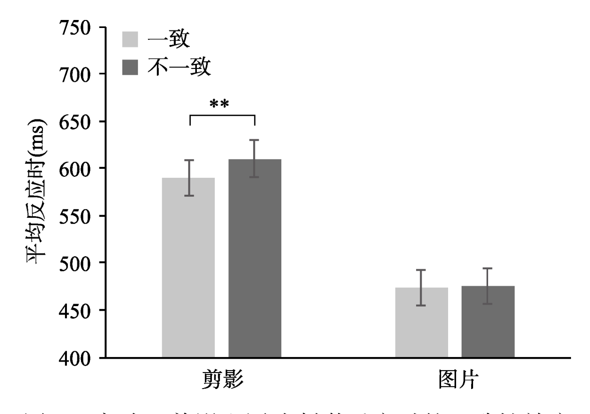


图 3　实验 1 剪影和图片刺激反应时的一致性效应

5.73, p = 0.020, η_p^2 = 0.09，手柄位置和反应位置一致(M = 3.0%)时的错误率显著低于不一致时(M = 4.0%)。刺激类型的主效应也显著，F(1, 56) = 5.88, p = 0.019, η_p^2 = 0.10，剪影刺激(M = 4.7%)的错误率显著高于图片刺激(M = 2.4%)。二者交互作用也显著，F(1, 56) = 8.17, p = 0.006, η_p^2 = 0.13。简单效应分析结果发现剪影存在 2.4%显著的一致性效应(M =3.5% vs. 5.8%), F(1, 27) = 7.94, p = 0.009, η_p^2 = 0.23，图片只有−0.2%的一致性效应(M = 2.5% vs. 2.3%), F(1, 29) < 1。

将每个被试的反应时数据由小到大进行排列，并等分为 5 组，计算每组的平均反应时；然后分别计算每组不一致条件与一致条件的均值之差，得到每组的效应量。以平均反应时为横坐标，效应量为纵坐标，作出效应量的反应时分布图(de Jong, Liang, & Lauber, 1994)，如图 4 所示。由图可知，随着反应时的延长，剪影刺激的效应量先增加后减小，而图片刺激的效应量非常小所以基本保持稳定，但没有达到显著水平。

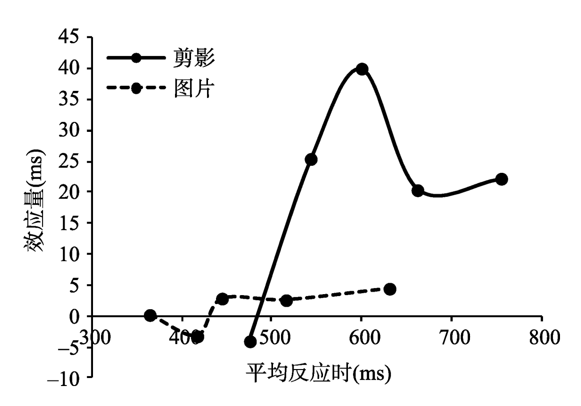


图 4　实验 1 效应量反应时分布图

2.3　讨论

在实验 1 中，要求被试双手按键对煎锅剪影或图片进行正立倒立方向判断任务，结果发现剪影刺激的一致性效应(20 ms 和 2.4%)显著，这与 Pappas (2014)实验 4 剪影的一致性效应大小(11 ms 和 1.3%)类似。对于剪影来说，由于手柄的不对称性，被试自动激活了对手柄位置的空间编码，所以产生了手柄位置和反应位置之间的一致性效应，这与 Song 等(2014)的研究认为手电筒刺激出现一致性效应是由于被试对手电筒条纹的空间位置进行编码的解释是一致的，与 Cho 和 Proctor (2011)认为茶壶刺激出现的一致性效应是由于茶壶手柄和喷口的不对称性产生的空间位置编码解释也是一致的。而且剪影刺激不包含内部细节和环境深度信息，不具备出现功能可见性的条件，由此可以得出剪影刺激出现基于客体的一致性效应是由于空间位置编码假说。

对反应时的分布分析发现，随着反应时的延长，效应量呈现先上升后下降趋势。这符合 Wiegand 和

Wascher (2007)的研究结果，即随着时间进程的增加，个体逐渐适应了不一致的情况，效应呈下降趋势。但由于自动激活需要一定的时间，因此也可能出现先上升后下降的情况。

此外，图片刺激包括包含内部细节和深度信息，且双手反应也保证了功能可见性出现的条件。然而在实验 1 中，图片刺激没有出现基于客体的一致性效应，这与 Pappas (2014)的实验 4 图片刺激存在一致性效应(8 ms 和 1.0%)不一致，结果并不支持功能可见性假说。对图片刺激来说，基于整体位置的中央呈现并不存在显著的左右空间编码，因此根据空间位置编码假说，基于客体的一致性效应不会出现。为了进一步支持空间位置编码，在实验 2 中，煎锅底部位于屏幕中央，使得手柄的左右位置更加显著，探究图片刺激在具有显著的左右空间编码时是否会出现基于客体的一致性效应。

3 实验 2：刺激左右位置呈现时基于客体的一致性效应

实验 1 中图片刺激位于屏幕中央，不存在左右位置信息，没有产生基于客体的一致性效应，支持了空间位置编码假说。在实验 1 的基础上，实验 2 使得煎锅底部位于屏幕中央，使手柄的左右位置更加显著，探究在这种条件下是否会出现基于客体的一致性效应。预期如果图片刺激产生了基于客体的一致性效应，那么将支持空间位置编码假说。

3.1 方法

3.1.1 被试

重新招募大学生被试 56 名，其中女生 54 名，年龄在 18 岁到 24 岁之间，平均年龄 20.38 岁。采用《爱丁堡利手问卷》测试用手习惯(Oldfield, 1971)，所有被试均为右利手且身体健康，视力或矫正视力正常，以前未参加过类似实验。

3.1.2 仪器与刺激

与实验 1 基本相同。唯一不同之处在于，刺激的煎锅底部位于屏幕中央，刺激材料经 Photoshop CS6 处理得到，具体见图 5。

3.1.3 实验设计与程序

同实验 1。

3.2 结果

3.2.1 实验 2 结果分析

剔除标准同实验 1，剔除率为 0.54%。反应时和错误率的描述性统计结果分别见表 1 和表 2。

对于反应时，一致性的主效应显著，$F(1, 54) = 83.70$, $p < 0.001$, $\eta_p^2 = 0.61$，手柄位置和反应位置一致($M = 527$ ms)时的反应时显著小于不一致($M = 560$ ms)时。刺激类型的主效应也显著，$F(1, 54) = 11.48$, $p = 0.001$, $\eta_p^2 = 0.18$，图片刺激($M = 500$ ms)的反应时显著小于剪影刺激($M = 587$ ms)。二者交互作用不显著，$F(1, 54) < 1$。实验 2 两组刺激反应时的一致性效应显著性见图 6。此外，随着反应时的延长，剪影刺激和图片刺激的效应量都呈上升趋势，见图 7。

对于错误率，一致性的主效应显著，$F(1, 54) = 35.71$, $p < 0.001$, $\eta_p^2 = 0.40$，刺激位置和反应位置一致($M = 2.5\%$)时的错误率显著小于不一致($M = 5.5\%$)时。刺激类型的主效应不显著，$F(1, 54) = 1.15$, $p = 0.289$, $\eta_p^2 = 0.02$。二者交互作用也不显著，$F(1, 54) < 1$。

3.2.2 实验 1 和实验 2 反应时联合分析

为了比较当剪影和图片刺激存在左右空间位置信息时，产生的效应大小与空间位置信息不明显时有无差别，对实验 1 和实验 2 的反应时进行联合分析。不一致时的反应时减去一致时得到一致性效

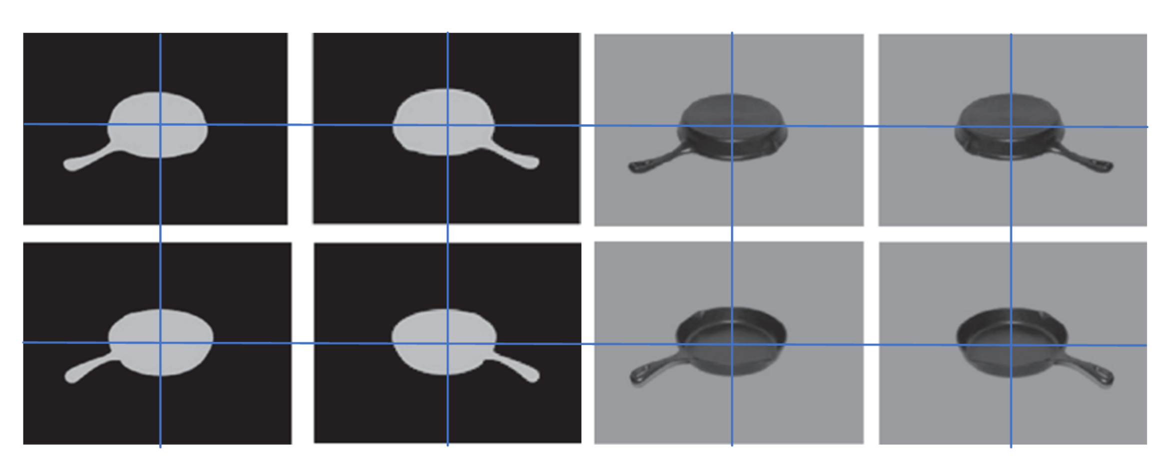


图 5 实验 2 和实验 3 刺激

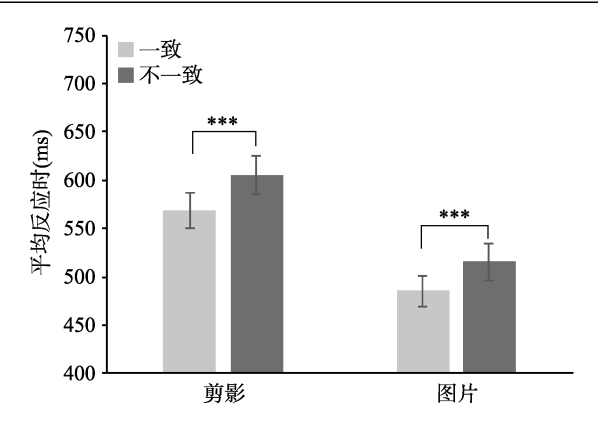


图 6　实验 2 剪影和图片刺激反应时的一致性效应

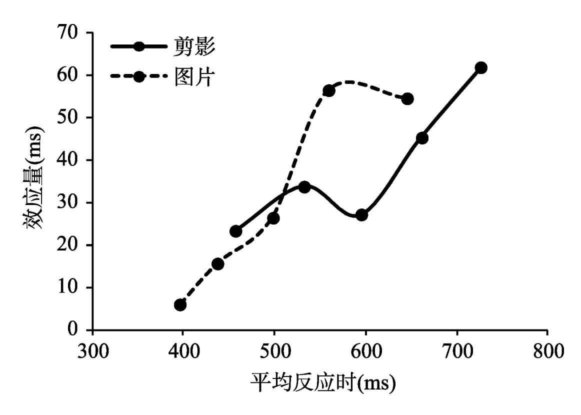


图 7　实验 2 效应量反应时分布图

应量, 实验和刺激类型是自变量, 一致性效应量是因变量。结果发现实验的主效应显著, $F(1, 110) = 19.35$, $p < 0.001$, $\eta_p^2 = 0.15$, 实验 1 的一致性效应($M = 11$ ms)显著小于实验 2 ($M = 34$ ms)。刺激类型主效应也显著, $F(1, 110) = 6.56$, $p = 0.012$, $\eta_p^2 = 0.06$, 图片刺激的一致性效应($M = 16$ ms)显著小于剪影刺激($M = 29$ ms)。二者交互作用不显著, $F(1, 110) = 1.44$, $p = 0.232$, $\eta_p^2 = 0.01$。剪影和图片刺激两个实验的一致性效应比较见图 8。

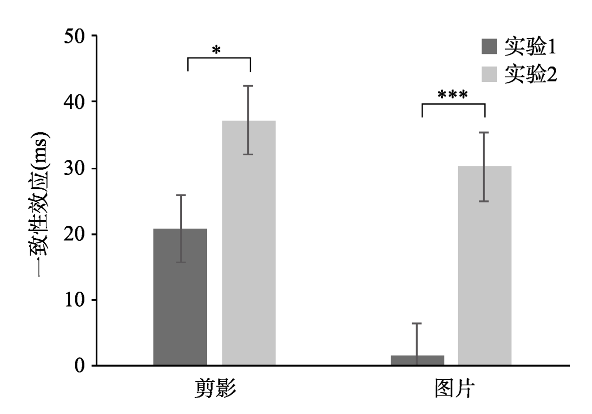


图 8　两种刺激类型实验 1 和实验 2 的一致性效应比较

3.3　讨论

在实验 2 中, 煎锅底部位于屏幕中央, 手柄位置偏左或偏右, 剪影(37 ms 和 2.8%)和图片刺激(30 ms 和 3.3%)都存在基于客体的一致性效应, 并且二者无显著差异, Pappas (2014)的实验 4 中剪影的一致性效应为 11 ms 和 1.3%, 图片刺激为 8 ms 和 1.0%。Pappas (2014)对剪影刺激出现一致性效应的解释是空间位置编码, 但对图片刺激出现该效应的解释是功能可见性编码, 因为 Pappas (2014)认为刺激基于像素中央呈现是真正的中央呈现, 不存在对刺激的空间位置编码。但事实上当煎锅基于像素数量中央呈现时, 由于手柄和煎锅底部所包含的像素数量不同, 所以手柄存在左右位置倾向, 因此 Pappas (2014)研究中图片出现的一致性效应也可以用空间位置编码解释。本研究中图片和剪影刺激的一致性效应都显著大于 Pappas (2014)的实验 4 中对应刺激类型的效应, 是因为与基于像素中央呈现相比, 煎锅底部中央呈现时手柄的左右位置更加显著, 因此剪影和图片都产生了更大的一致性效应, 这也符合空间位置编码假说。反应时分布分析的结果表明, 随着反应时的延长, 剪影和图片刺激的效应量都呈上升趋势, 与 Proctor 等(2017)的结果一致。但与实验 1 相比并未出现下降情况。这可能是由于, 在左右位置更加明显时, 个体需要消耗更多认知资源来适应不一致的情况, 因此适应的过程更长。

实验 1 和实验 2 煎锅位置不同, 但二者都具有功能可见性出现的条件。如果功能可见性是基于客体的一致性效应出现的关键, 那么实验 1 和实验 2 图片刺激都应该出现一致性效应, 但事实并非如此, 只有实验 2 出现了效应而实验 1 没有出现。这说明功能可见性编码并不能解释实验 2 中出现的基于客体的一致性效应。实验 1 和实验 2 的联合分析结果表明, 不管是剪影还是图片, 实验 2 的一致性效应都显著大于实验 1。实验 2(煎锅底部中央呈现)与实验 1(煎锅整体中央呈现)相比, 手柄的左右空间位置更加显著, 因此实验 2 的一致性效应显著大于实验 1 符合空间位置编码的解释。前两个实验虽然支持空间位置编码, 但并未直接将功能可见性和空间位置编码假说区分开, 因此实验 3 要求被试双手交叉放置, 分离反应位置和反应手, 从而区分空间位置编码和功能可见性, 进一步探究基于客体的一致性效应的产生机制。

4　实验 3: 交叉手条件下基于客体的一致性效应

实验 2 剪影和图片刺激都存在基于客体的一致

性效应且大小相似，这支持空间位置编码假说。为了进一步排除功能可见性的解释，实验 3 通过双手交叉放置的方式区分反应位置和反应手。分离的结果为反应键位置和反应手的位置相反，即当手柄位置与反应键的位置一致时，意味着手柄位置与反应手位置不一致，反之亦然。因此手柄位置和反应手间的一致性效应即为手柄位置与反应位置间一致性效应的相反数。所以，如果存在手柄位置和反应位置之间的一致性效应，则支持空间位置编码假说。如果手柄位置和反应位置间的一致性效应是负数，即存在手柄位置和反应手之间的一致性效应，则支持功能可见性的解释。

4.1 方法

4.1.1 被试

重新招募大学生被试 56 名，其中女生 50 名，年龄在 17 岁到 22 岁之间，平均年龄 18.43 岁。采用《爱丁堡利手问卷》测试用手习惯(Oldfield, 1971)，所有被试均为右利手，身体健康，且视力或矫正视力正常，以前未参加过类似实验。

4.1.2 仪器与刺激

同实验 2。

4.1.3 实验设计与程序

实验过程中被试始终保持双手交叉放置，其他同实验 2。

4.2 结果

4.2.1 实验 3 结果分析

剔除标准同实验 1，剔除率为 0.50%。反应时和错误率的描述性统计结果如表 1 和表 2 所示。

对于反应时，一致性的主效应显著，$F(1, 54) = 13.32$, $p = 0.001$, $\eta_p^2 = 0.20$，手柄位置和反应位置一致(手柄位置与反应手不一致)时的反应时(M = 580 ms)显著小于不一致(手柄位置与反应手一致)(M = 592 ms)时。因此对于手柄位置和反应手来说，其一致性效应为−12 ms。刺激类型的主效应显著，$F(1, 54) = 28.85$, $p < 0.001$, $\eta_p^2 = 0.35$，剪影刺激(M = 650 ms)的反应时显著长于图片刺激(M = 521 ms)，二者交互作用不显著，$F(1, 54) < 1$。实验 3 两组刺激反应时的一致性效应显著性如图 9。随着反应时延长，效应量的变化趋势为先上升后下降，见图 10。

对于错误率，一致性的主效应显著，$F(1, 54) = 9.35$, $p = 0.003$, $\eta_p^2 = 0.15$，手柄位置和反应位置一致时的错误率(M = 2.5%)显著小于不一致(M = 3.4%)时。即手柄位置和反应手之间的一致性效应为−0.9%。刺激类型的主效应不显著，$F(1, 54) = 2.37$, $p = 0.130$, $\eta_p^2 = 0.04$。二者交互作用也不显著，$F(1, 54) < 1$。

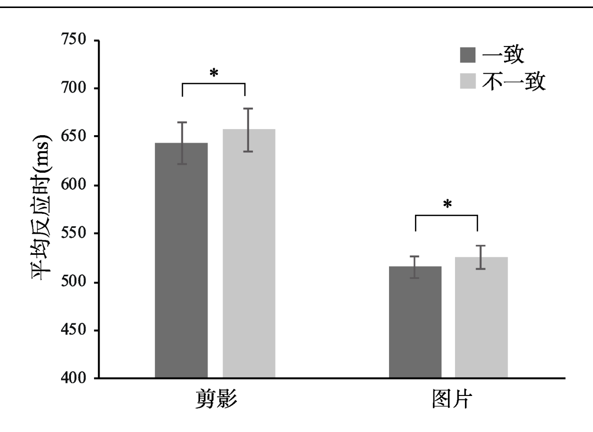


图 9 实验 3 剪影和图片刺激反应时的一致性效应

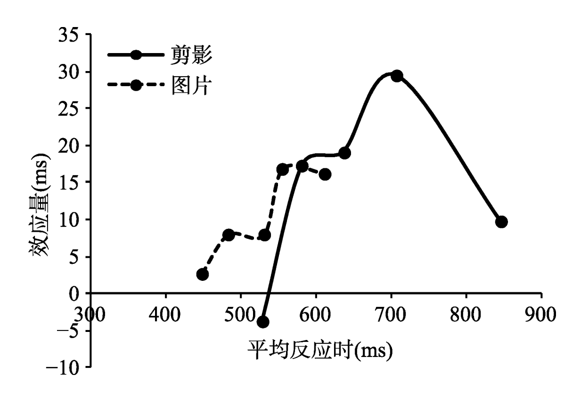


图 10 实验 3 效应量反应时分布图

4.2.2 实验 2 和实验 3 反应时联合分析

在 Phillips 和 Ward (2002)的研究中，在交叉手的情况下产生了手柄位置与反应位置的一致性效应，以此排除功能可见性的作用。但该研究并未比较交叉手与非交叉手效应量大小的差异。为了比较反应位置和反应手分离后与分离前效应的差别，进一步区分空间位置编码和功能可见性，对实验 2 和实验 3 的反应时进行联合分析。实验和刺激类型是自变量，一致性效应量是因变量。结果发现实验的主效应显著，$F(1, 108) = 19.41$, $p < 0.001$, $\eta_p^2 = 0.15$，实验 3 的一致性效应(M = 12 ms)显著小于实验 2 (M = 34 ms)。刺激类型的主效应不显著，$F(1, 108) = 1.29$, $p = 0.259$, $\eta_p^2 = 0.01$。二者交互作用也不显著，$F(1, 108) < 1$。剪影和图片刺激实验 2 和实验 3 一致性效应比较见图 11。

4.3 讨论

实验 3 区分了反应位置和反应手，结果表明剪影和图片刺激都存在手柄位置和反应位置之间的一致性效应，即手柄朝向和反应手之间的一致性效应为负数，而且剪影和图片刺激之间的效应大小无

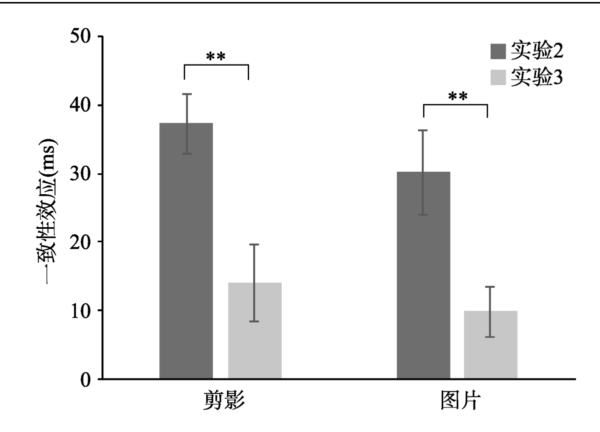


图 11　两种刺激类型实验 2 和实验 3 一致性效应比较

显著差异, 这些结果都支持空间位置编码假说。手柄因其不对称性使得被试对手柄的空间位置进行编码, 从而产生了基于客体的一致性效应。

实验 2 和实验 3 的反应时联合分析结果表明, 不管是对于剪影刺激还是图片刺激的形状判断任务, 实验 3 的一致性效应都显著小于实验 2。这可能是因为左右手存在水平方向上微弱的左右空间位置编码的结果(Proctor et al., 2003), 而实验 3 双手交叉放置则削弱了反应手的左右空间编码, 导致实验 3 产生的基于客体的一致性效应小于实验 2。反应时分布分析发现, 在分离反应位置和反应手后, 效应量在上升后出现了下降, 对比实验 2 的结果, 可以推测在反应位置和反应手分离之后个体对不一致的适应较快, 这也从侧面说明, 一致性效应的产生并不完全是功能可见性的作用。但其作用可能仍然存在, 因为手柄位置与反应手之间的功能联结导致在分离反应位置和反应手之后一致性效应减小。

5　总讨论

基于客体的一致性效应一直是工程心理学尤其是产品设计中的一项基本遵循。因此, 探讨其产生机制, 为其应用提供基础研究支持就显得尤为重要。本研究通过 3 个层层递进的实验, 旨在解释基于客体的一致性效应的产生机制是功能可见性还是空间位置编码。研究结果说明空间位置编码假说对产生基于客体的一致性效应有非常重要的作用。在左右按键反应的形状判断任务中, 相比功能可见性, 刺激的空间位置对个体认知加工速度的影响更大。这提示我们在人机界面设计以及商品标志设计中, 要注意把重要的图标放在明显且较易被看到的位置, 并增加图标之间的差异性, 从而提高人们的识别速度。此外, 研究还发现当被试对图片刺激进行加工时, 其速度显著快于对剪影刺激的加工速度, 这可能是由于相对于剪影刺激来说, 图片刺激所包含的视觉信息更多。因此我们在人机界面设计以及商品标志设计中, 图标要尽可能地生动形象, 这样更有助于提高个体的反应速度。

5.1　刺激空间位置与基于客体的一致性效应

本研究中, 实验 1 用煎锅的剪影和图片作为刺激材料, 刺激基于整体位置呈现于屏幕中央, 结果发现剪影刺激出现了一致性效应, 而图片刺激没有出现, 支持了空间位置编码假说。实验 2 中煎锅底部呈现在屏幕中央, 使得手柄左右位置更显著。剪影刺激和图片刺激都出现了基于客体的一致性效应, 并且效应大小无显著差异。对实验 1 和实验 2 进行联合分析, 发现不管是剪影还是图片, 实验 2 的一致性效应都显著大于实验 1, 符合空间位置编码的解释, 进一步说明基于客体的一致性效应的产生主要是由于空间位置编码的结果。

此外, 本研究的实验 1 中剪影刺激出现了基于客体的一致性效应, 而图片刺激没有。这一结果也可以用与反应选择有关的视觉线索的显著性来解释。对图片刺激来说, 这些视觉线索使得煎锅底部的左右位置更显著, 平衡了手柄的左右空间位置, 因此没有出现基于客体的一致性效应。而剪影因为只有大致的轮廓, 不存在丰富的视觉线索, 因此产生了与手柄有关的基于客体的一致性效应。与剪影刺激相比, 图片刺激有额外的特征, 判断正立倒立方向相对更容易。Pellicano 等(2010)要求被试判断手电筒刺激的正立倒立方向, 结果也发现有一些显著特征能帮助判断。Song 等(2014)通过对手电筒刺激的系统研究发现手电筒显著特征的不对称性对一致性效应的判断有重要影响。特殊的视觉特征对产生反应选择的空间编码是至关重要的。图片的显著特征决定刺激的哪一部分被左右编码, 从而产生不同的一致性效应。

Pellicano, Koch 和 Binkofski (2017)用两种不同结构的奶油壶和茶壶图片作为刺激材料进行研究, 结果发现, 不管如何丰富场景信息, 都没有发现手柄和反应位置之间的一致性, 即没有证据表明功能可见性对产生客体的一致性有作用。在本研究的实验 1 中, 当刺激为图片时, 也不存在基于客体的一致性效应(1 ms 和−0.2%)。Proctor 等(2017)用煎锅图片作为刺激材料, 当煎锅图像位于屏幕中央时得到的一致性效应为−15 ms 和−1.5%, 同样不存在手柄和反应位置之间的一致性效应。煎锅图片包含内部细节和环境深度信息, 正立倒立判断任务是与语

义加工有关的深度加工任务，双手反应也保证了功能可见性出现的条件。如果功能可见性对基于客体的一致性效应的出现有作用，这两个实验都应该出现该效应。然而，两个实验都没有出现基于客体的一致性效应，这说明功能可见性对基于客体的一致性效应的出现并不是必要的。当煎锅底部中央呈现时出现了一致性效应(31 ms 和 3.3%)，显著大于煎锅基于整体位置中央呈现时的效应(1 ms 和 0.2%)，Pappas (2014)的实验 4 煎锅整体基于像素数量中央呈现时，结果得到了 8.4 ms 和 1.0%的一致性效应，数值正好介于煎锅整体位置中央呈现和煎锅底部中央呈现的效应之间。理论上讲，煎锅底部中央呈现时手柄的相对位置最显著，煎锅整体像素中央呈现次之，最后是煎锅整体位置中央呈现，这与结果是非常符合的。

与图片刺激相比，剪影刺激不包含内部细节和环境深度信息，因而不具备出现功能可见性的条件。本研究的 3 个实验中剪影均得到的基于客体的一致性效应也支持空间位置编码假说。实验 2 煎锅底部位于屏幕中央得到的一致性效应为 37 ms 和 2.8%，与 Cho 和 Proctor (2010)实验 2(煎锅底部中央呈现)的 43 ms 和 4.2%效应大小接近，并且显著大于 Pappas (2014)实验 4(煎锅基于像素数量中央呈现)的 11 ms 和 1.3%。这是因为煎锅底部中央呈现相比整体位置中央呈现，手柄的左右空间位置特征更加显著，因而产生的一致性效应更大，这进一步支持了空间位置编码的解释。Cho 和 Proctor (2011)用茶壶剪影作为刺激材料，得到了喷口方向和反应位置之间的一致性效应(14 ms)，在只保留茶壶喷口或者手柄的情况下，分别得到了保留部分(24 ms 和 17 ms)的一致性效应，因而用茶壶作为刺激材料的结果也支持空间位置编码的解释。目前对于剪影刺激出现基于客体的一致性效应的解释较为一致，都支持空间位置编码假说。

5.2　反应手与基于客体的一致性效应

本研究实验 3 通过双手交叉放置的反应方式以区分反应位置和反应手不同编码的作用，结果显示图片刺激和剪影刺激的一致性效应大小相似，并且效应的方向与手柄位置的空间编码一致，即手柄位置和反应位置一致，而不是和反应手一致时，反应更快更准确。实验 3 的结果更直接支持了空间位置编码假说。实验 2 和实验 3 的反应时联合分析结果发现，两个实验的一致性效应大小有显著差异，实验 2 的一致性效应量显著大于实验 3。这可能是由于以下原因。第一，实验 3 双手交叉放置使得反应更慢，增加了手柄位置和反应位置一致时的反应时间，使得不一致和一致时的反应时差异减小。第二，Proctor 等(2003)认为即使刺激在左右位置，反应位置上下排列，双手反应也会产生一个水平的、微弱的一致性效应，说明左右手反应也会产生左右空间编码(Rubichi, Vu, Nicoletti, & Proctor, 2006)。也就是说，反应手和反应位置一致时的空间位置编码的作用显著大于不一致时。因此，区分反应位置和反应手在一定程度上减弱了空间位置编码，使得一致性效应更小。第三，功能可见性在其中或许也有一定作用，在分离反应位置和反应手之后，手柄位置与反应手之间的功能联结作用导致手柄位置和反应位置之间的一致性效应减小。但实验 3 的一致性效应仅仅是减少而并未发生反转，因此空间位置编码的作用仍大于功能可见性。在 Proctor 等(2017)的研究中，实验条件设置为单手或双手反应，结果发现当煎锅刺激底部位于屏幕中央时，单双手均出现基于客体的一致性效应，且双手效应大于单手。但 Tipper 等(2006)和 Pellicano 等(2010)对刺激进行正立倒立方向判断的研究结果表明，只有双手反应出现了基于客体的一致性效应，而单手并没有出现。这一点无法用空间位置编码假说解释。因为按照该假说来看，单手反应和双手反应都存在左右空间位置编码，因此都应该出现基于客体的一致性效应。Ambrosecchia 等(2015)通过任务转换范式也发现，可抓握客体和不可抓握客体的一致性效应的解释机制并不相同，这似乎在说功能可见性对基于客体的一致性效应的产生也有一定的作用。但本研究的实验 3 通过双手交叉放置分离了功能可见性和空间位置编码这两种解释，结果支持了空间位置编码假说，这可能说明在功能可见性和空间位置编码对基于客体的一致性效应的作用方向相反时，空间位置编码假说发挥了更大的作用。

5.3　功能可见性与基于客体一致性的效应

在双按键选择任务中，许多研究表明功能可见性在基于客体的一致性效应的产生中作用很小(Cho & Proctor, 2011; Lien et al., 2014; Pellicano et al., 2017; Proctor et al., 2017)，空间位置编码才是该效应产生的主要原因。这是因为键盘按键是对不同位置的反应，与抓握手柄的倾向无关。Gibson (1979)认为功能可见性描述的是环境特性和支持特定活动的生物体动作系统的特性之间的关系。Warren (1988)将其引申为每一种功能可见性都存

在要实现它的对应的动作编码，比如抓、扔、爬、坐、吃、喝等。每种动作模式都包含任务相关的肌肉组织的建构。通常认为，功能可见性是环境和动作执行者任务特定意图结合的一种倾向，最初被认为是一种典型的左右 Simon 效应，即先于任务要求对刺激的左右空间位置进行编码(Ansorge & Wühr, 2004; Yamaguchi & Proctor, 2012)。然而功能可见性的支持者却认为基于客体的一致性效应只有在特定的任务中才能出现。尽管如此，仍然有很多研究者用抓握功能可见性解释其结果。Dagaev, Shtyrov 和 Myachykov (2017)不考虑现有不支持功能可见性的证据，发现当激活和抑制抓握功能可见性时出现了与手柄有关的正性和负性的一致性效应。但是 Dagaev 等(2017)确实承认不是在所有条件下人们都会产生抓握手柄的倾向。直观地说，就是我们不用执行所有与可操作对象相关的可能激活的动作，特别是当抓握与任务要求无关时。在双按键选择任务中，抓握动作没有被事先启动，没有理由假定客体会激活一种之后需要禁止的抓握倾向。

需要注意的是，我们对于功能可见性作用很小的判断局限于左右按键反应的研究中。Saccone 等(2016)将刺激和反应的位置为上下时出现的基于客体的一致性效应归因于功能可见性。他们上下呈现可抓握物体，被试在竖直放置的按钮盒上方或下方进行反应。实验 1 被试进行刺激类别判断任务，得到了手柄朝向和反应手 10 ms 的一致性效应，实验 3 正立倒立判断任务结果也是如此。但实验 2 中的颜色判断任务没有出现该效应。基于这些数据，Saccone 等(2016)得出结论，功能可见性发生在与客体语义知识相关的判断任务中。但该解释存在一些争议。他们将实验 2 未出现效应解释为颜色判断(425 ms)比类别判断(590 ms)和正立倒立判断任务(610 ms)更容易。虽然 Saccone 等(2016)的反应时分布分析结果说明功能可见性编码是一种有目的的策略，但正如 Bub, Masson 和 Kumar (2018)所提出的，真正的功能可见性应该很快出现而不是随着时间的推移才出现。因此，仍需要强有力的证据来说明该结果是由于功能可见性而不存在空间位置编码的作用。

5.4 不足与展望

本研究通过 3 个实验证明了基于客体的一致性效应的产生机制。虽然最终结果支持了空间位置编码假说，但仍存在一些需要完善的地方。首先，被试是根据煎锅底部还是手柄特征对剪影和图片刺激进行的方向判断,应该在实验结束以后进行后测说明，以便更好地解释刺激出现的一致性效应。其次，由于采用的是认知行为实验，因此对基于客体的一致性效应产生机制的解释仍然停留在行为层面。

此外，Proctor 等(2017)的研究在 Pappas (2014)研究的基础上平衡了反应手与反应距离，结果发现单双手均存在效应，支持空间位置编码。但为了使远距离可以被单手操作，使用的是“H”键与“L”键，相距仅为 5.6 cm，与 Pappas (2014)的 35.5 cm 相差较大，因此距离变量实际上并未彻底被排除。本研究也使用了相距较远的反应键“A”和“L”，以交叉手形式分离反应位置和反应手，证明了空间位置编码对于基于客体的一致性效应的产生的作用更大，但并未比较双手反应时反应距离的远近是否会影响效应的大小。未来研究可以进一步比较在双手反应的情况下反应键距离远和近时基于客体的一致性效应是否存在差异。

目前已有用 ERP、fMRI 等技术对基于客体的一致性效应进行的研究，如 Styrkowiec, Nowik 和 Kroliczak (2019)就使用 fMRI 技术探测了抓握工具时主要涉及的脑区。因此未来可以用脑成像技术进一步探究基于客体的一致性效应产生的脑机制。最后，左右按键反应本就存在空间位置编码，如果能通过不同的反应方式如口头报告或抓握反应研究该效应，可能会有不同的发现。

6 结论

本研究通过 3 个实验发现：(1)可抓握客体基于整体位置中央呈现时，剪影刺激产生了基于客体的一致性效应，而图片刺激没有。(2)当可抓握客体位置左右呈现时，剪影和图片刺激都产生了类似的基于客体的一致性效应。(3)而当被试双手交叉放置时，却产生了手柄位置和反应位置而非手柄和反应手之间的基于客体的一致性效应，说明当空间位置编码与功能可见性作用相反时，空间位置编码的作用更大。本研究最终结果支持了空间位置编码假说，即基于客体的一致性效应的产生更多是由于对刺激不对称手柄的空间位置进行编码的结果；当然，功能可见性编码在其中可能也起一定作用，但其作用效果小于空间位置编码。

参 考 文 献

Ambrosecchia, M., Marino, B. F. M., Gawryszewski, L. G., &

Riggio, L. (2015). Spatial stimulus-response compatibility and affordance effects are not ruled by the same mechanisms. *Frontiers in Human Neuroscience, 9*, 283.

Ansorge, U., & Wuhr, P. (2004). A response-discrimination account of the Simon effect. *Journal of Experimental Psychology Human Perception and Performance*, *30*(2), 365–377.

Azaad, S., Laham, S.M., & Shields, P. (2019). A meta-analysis of the object-based compatibility effect. *Cognition, 190,* 105–127.

Bub, D. N., Masson, M. E. J., & Kumar, R. (2018). Time course of motor affordances evoked by pictured objects and words. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 44*(1), 53–68.

Cho, D. T., & Proctor, R. W. (2010). The object-based Simon effect: Grasping affordance or relative location of the graspable part? *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 36*(4), 853–861.

Cho, D. T., & Proctor, R. W. (2011). Correspondence effects for objects with opposing left and right protrusions. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 37*(3), 737–749.

Cho, D. T., & Proctor, R. W. (2013). Object-based correspondence effects for action-relevant and surface-property judgments with keypress responses: Evidence for a basis in spatial coding. *Psychological Research, 77*(5), 618–636.

Dagaev, N., Shtyrov, Y., & Myachykov, A. (2017). The role of executive control in the activation of manual affordances. *Psychological Research, 81*(6), 1110–1124.

de Jong, R., Liang, C. C., & Lauber, E. (1994). Conditional and unconditional automaticity: A dual-process model of effects of spatial stimulus-response correspondence. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *20*(4), 731–750.

Ellis, R., & Tucker, M. (2000). Micro-affordance: The potentiation of components of action by seen objects. *British Journal of Psychology, 91*(4), 451–471.

Fan, R. J., Li, Q., & Zhao, J. (2015). Research on the consistency of human interface design in cockpit of commercial aircraft. *Opportunities for Standardization Reform and Development--The 12th China Standardization Forum*.

[范瑞杰, 李倩, 赵健. (2015). 商用飞机驾驶舱人机界面设计一致性理念研究. *标准化改革与发展之机遇——第十二届中国标准化论坛论文集*.]

Fitts, P. M., & Seeger, C. M. (1953). S-R compatibility: Spatial characteristics of stimulus and response codes. *Journal of Experimental Psychology*, *46*(3), 199–210.

Gibson, J. J. (1977). The theory of affordances. In R. Shaw & J. Bransford (Eds). *Perceiving, acting, and knowing: Toward an ecological psychology* (pp.67–82). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.

Gibson, J. J. (1979). *The ecological approach to visual perception.* Boston, MA: Houghton-Mifflin.

Gibson, J. J. (1986). *The ecological approach to visual perception.* Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum. (Original work published 1979)

Lien, M. C., Gray, D., Jardin, E., & Proctor, R. W. (2014). Further evidence that object-based correspondence effects are primarily modulated by object location not by grasping affordance. *Journal of Cognitive Psychology, 26*(6), 679–698.

Ma, X. (2013). *Consistency research of adaptive interface of intelligent mobile terminal* (Unpublished doctorial dissertation). Beijing University of Posts and Telecommunications.

[马璇. (2013). *智能移动终端自适应界面的一致性研究* (博士学位论文). 北京邮电大学).]

Oldfield, R. C. (1971). The assessment and analysis of handedness: The Edinburgh inventory. *Neuropsychologia, 9*(1), 97–113.

Pappas, Z. (2014). Dissociating Simon and affordance compatibility effects: Silhouettes and photographs. *Cognition, 133*(3), 716–728.

Pellicano, A., Iani, C., Borghi, A. M., Rubichi, S., & Nicoletti, R. (2010). Simon-like and functional affordance effects with tools: The effects of object perceptual discrimination and object action state. *Quarterly Journal of Experimental Psychology, 63*(11), 2190–2201.

Pellicano, A., Koch, I., & Binkofski, F. (2017). Location-coding account versus affordance-activation account in handle-to-hand correspondence effects: Evidence of Simon-like effects based on the coding of action direction. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 43*(9), 1647–1666.

Phillips, J. C., & Ward, R. (2002). S-R correspondence effects of irrelevant visual affordance: Time course and specificity of response activation. *Visual Cognition, 9*(4-5), 540–558.

Proctor, R. W., Lien, M. C., & Thompson, L. (2017). Do silhouettes and photographs produce fundamentally different object-based correspondence effects? *Cognition, 169,* 91–101.

Proctor, R. W., Vu, K. P. L., & Nicoletti, R. (2003). Does right-left prevalence occur for the Simon effect? *Perception and Psychophysics, 65*(8), 1318–1329.

Rubichi, S., Nicoletti, R., Pelosi, A., & Umiltà, C. (2004). Right-left prevalence effect with horizontal and vertical effectors. *Perception and Psychophysics, 66*(2), 255–263.

Rubichi, S., Vu, K. P. L., Nicoletti, R., & Proctor, R. W. (2006). Spatial coding in two dimensions. *Psychonomic Bulletin and Review, 13*(2), 201–216.

Saccone, E. J., Churches, O., & Nicholls, M. E. R. (2016). Explicit spatial compatibility is not critical to the object handle effect. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 42*(10), 1643–1653.

Song, X., Chen, J., & Proctor, R. W. (2014). Correspondence effects with torches: Grasping affordance or visual feature asymmetry? *Quarterly Journal of Experimental Psychology, 67*(4), 665–675.

Styrkowiec, P. P., Nowik, A. M., Kroliczak, G. (2019). The neural underpinnings of haptically guided functional grasping of tools: An fMRI study. *Neuroimage*, *194*, 149–162.

Symes, E., Ellis, R., & Tucker, M. (2005). Dissociating object-based and space-based affordances. *Visual Cognition, 12*(7), 1337–1361.

Tipper, S. P., Paul, M. A., & Hayes, A. E. (2006). Vision-for-action: The effects of object property discrimination and action state on affordance compatibility effects. *Psychonomic Bulletin & Review, 13*(3), 493–498.

Tucker, M., & Ellis, R. (1998). On the relations between seen objects and components of potential actions. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 24*(3), 830–846.

Tucker, M., & Ellis, R. (2004). Action priming by briefly presented objects. *Acta Psychologica, 116*(2), 185–203.

Vainio, L., Ellis, R., Tucker, M., & Symes, E. (2007). Local and global affordances and manual planning. *Experimental Brain Research, 179*(4), 583–594.

Warren, W. H. (1988). Action modes and laws of control for the visual guidance of action. *Advances in Psychology*, *50*,

339–379.
Wiegand, K., & Wascher, E. (2007). Response coding in the Simon task. *Psychological Research, 71*(4), 401–410.
Yamaguchi, M., & Proctor, R. W. (2012). Multidimensional vector model of stimulus-response compatibility. *Psychological Review, 119*(2), 272–303.

The underlying mechanism of object-based correspondence effect

SONG Xiaolei; WANG Dan; ZHANG Xinxin; JIA Xiaoqian
(*School of Psychology, Shaanxi Normal University; Shaanxi Key Laboratory of Behavior and Cognitive Neuroscience, Xi'an* 710062, *China*)

Abstract

The object-based correspondence effect (also called object-based Simon effect), is a special spatial correspondence effect, which refers to the phenomenon that responses are faster and more accurate when a handle of the graspable object and the response position or the responding hand are consistent than inconsistent. Tucker and Ellis (1998) first found the object-based correspondence effect, and attributed the effect to the functional affordance of handles. In other words, when participants watch the graspable object, they automatically activate the tendency to grasp the handle of the object with their corresponding hands. Therefore, when the responding hand which is automatically activated by the handle is consistent that required by the task, responses are faster. In addition to the functional affordance, many researchers have also used the spatial position coding account to explain this effect. The account held the view that the generation of the object-based correspondence effect was related to the position of the asymmetric handle of the stimuli, which automatically activated the response of the ipsilateral position, leading to the object-based correspondence effect (Cho & Proctor, 2010). It's uncertain that the generation of object-based correspondence effect is due to affordance coding or spatial coding hypothesis.

In the present study, three experiments were conducted to investigate the generation mechanism of the object-based correspondence effect. The stimulus materials were the silhouettes and photographs of the frying pans. In Experiment 1 the frying pan was located at the center of the screen, participants were asked to judge the stimulus to be upright or inverted, and responded with the responding hand. The aim of it was to examine whether the silhouettes and photographs of the frying pan would exist the object-based correspondence effect without significant spatial position. In Experiment 2, the base of the frying pan was placed at the center of the screen, which made the left and right position of the handle more significant, and continue to examine whether the object-based correspondence effect would appear when there existed the significant spatial coding. In Experiment 3, a crossed-hand response paradigm was adopted to separate response position from responding hand coding, in other words, participants pressed the right key with the left hand and the left key with the right hand, and to further explore the generation mechanism of the object-based correspondence effect.

The results suggested that there existed the object-based correspondence effect in Experiment 1 when spatial location of the stimulus was not significant for silhouette stimuli, but not photograph stimuli. In Experiment 2 when the spatial position of the stimuli was more significant, silhouette and photograph stimuli both showed the correspondence effect and the effect size was similar. The RT combined analysis of Experiment 1 and 2 suggested that the correspondence effect size of Experimental 2 was larger than Experiment 1 for silhouette stimuli, and similar for photograph stimuli. In Experiment 3 when the hands were crossed there was correspondence effect between the handle and the response position for both silhouette and photograph stimuli, but not the correspondence effect between the handle and the responding hand. The combined analysis with the Experiment 2 suggested that the effect size of Experiment 3 was smaller than Experiment 2 for both silhouette and photograph stimuli.

Based on these results, it is concluded that the spatial coding hypothesis plays an important role in the generation of the object-based correspondence effect during a two key-pressing selection task, the affordance coding or other explanations are much smaller than that.

Key words object-based correspondence effect; grasping; affordance coding account; spatial location coding account; crossed-hand response